ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201711.01735v1

壳寡糖对断奶仔猪免疫力及相关理化指标的影响

党国旗　杨新宇　许　晴　崔　嘉　陈宝江*

（河北农业大学动物科技学院，保定　071001）

摘　要：本试验旨在探讨壳寡糖对断奶仔猪免疫力及相关理化指标的影响。试验选用 21 日龄“杜长大”杂交断奶仔猪 256 头，随机分为 4 个组，每组 4 个重复，每个重复 16 头猪。对照组饲喂基础饲粮，试验组分别饲喂在基础饲粮中添加 50、100 和 150 g/t 壳寡糖的饲粮。预试期 7 d，试验期 28 d。结果表明：1)与对照组相比，试验 1 组、试验 2 组和试验 3 组血清谷草转氨酶活性分别降低了 26.71%（$P<0.01$）、7.56%（$P>0.05$）和 16.64%（$P<0.05$），血清谷丙转氨酶活性分别降低了 47.26%（$P<0.05$）、47.28%（$P<0.01$）和 21.88（$P>0.05$），血清碱性磷酸酶活性分别提高了 6.37%、16.78%和 1.24%（$P>0.05$）；试验组血清总蛋白含量均高于对照组（$P>0.05$）。2）与对照组相比，试验 1 组、试验 2 组和试验 3 组血清免疫球蛋白 A 含量分别提高了 45.40%（$P<0.05$）、2.62%（$P>0.05$）和 137.26%（$P<0.01$）；试验 1 组和试验 2 组血清免疫球蛋白 G 含量分别较对照组提高了 4.47%和 10.92%（$P>0.05$），血清 IgM 含量分别比对照组提高了 9.29%和 5.69%（$P>0.05$）；与对照组相比，试验 1 组、试验 2 组和试验 3 组血清肿瘤坏死因子－α 含量分别提高了 51.76%（$P<0.01$）、29.42%（$P>0.05$）和 88.29%（$P<0.01$）。3)与对照组相比，试验组血清伪狂犬、猪瘟、蓝耳抗体效价均有不同程度提高，其中试验 3 组血清伪狂犬和蓝耳抗体效价显著高于对照组（$P<0.05$）。由此可知，饲粮中添加适宜壳寡糖能一定程度提高断奶仔猪能体液免疫与细胞免疫能力以及血清抗体效价，缓解断奶应激。

关键字：壳寡糖；断奶仔猪；理化指标；免疫力

中图分类号：S816.7　　文献标识码：　　文章编号：

抗生素作为饲料添加剂应用已经有几十年的历史，饲料中添加抗生素已成为提高养殖效益的“非常手段”。但随着抗生素的使用越来越广泛，问题也开始慢慢出现。滥用抗生素引发双重感染，细菌耐药性使得常见疾病的治愈越发困难；畜产品中抗生素残留引起消费者中毒或者过敏；残留物排放污染水体和土壤，破坏生态平衡。

收稿日期：2017－06－14

基金项目：河北省科技厅项目——规模化猪场仔猪腹泻防治技术研究与示范(162266110)；企业横向：壳寡糖在乳仔猪饲料中应用研究

作者简介：党国旗（1990—），男，陕西绥德人，硕士研究生，研究方向为单胃动物营养。

E-mail：　472527027@qq.com

*通信作者：陈宝江，教授，博士生导师，E-mail：　chenbaojiang@vip.sina.com

ChinaXiv合作期刊

为减少抗生素的使用，抗生素替代类添加剂开发与筛选成为研究热点。寡糖就是其中一类逐渐被人们重视的产品。研究证实，壳寡糖能减少畜禽腹泻发生，并缓解其他与感染有关的现象，对动物生长性能、干物质和氮表观消化率有积极影响[1-2]。本试验拟通过探讨壳寡糖对断奶仔猪细胞免疫、体液免疫以及抗体效价的影响，以了解壳寡糖对断奶仔猪理化指标及免疫力的影响，并获得壳寡糖在仔猪饲粮中的应用方案。

1 材料及方法

1.1 试验材料

壳寡糖：由秦皇岛领先生物农业股份有限公司提供，有效成分含量 75%，深褐色，平均分子质量≤2 500 u，脱乙酰基度≥90%。

1.2 试验设计与动物

选择品种相同、体重相近、21 日龄断奶、健康“杜长大”杂交断奶仔猪 256 头，按照遗传背景相同、性别比例一致的原则随机分为 4 个组，每组设 4 个重复，每个重复 16 头仔猪，各组之间初始体重差异不显著（P>0.05）。对照组饲喂基础饲粮，试验组分别饲喂在基础饲粮中添加 50、100 和 150 g/t 壳寡糖的试验饲粮。预试期 7 d，试验期 28 d。

1.3 试验饲粮

仔猪饲喂玉米–豆粕型饲粮，不含抗生素。饲粮参照 NRC(2012)和我国《猪饲养标准》(NY/T 65—2004)配制，基础饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1 基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	57.0
次粉 Wheat middling	1.0
大豆油 Soybean oil	2.5
大豆粕 Soybean meal	14.0
大豆分离蛋白 Soy protein isolate	3.6
膨化大豆 Extruded soybean	6.0
玉米蛋白粉 Corn protein meal	3.0
进口鱼粉 Import fish meal	3.0
乳清粉 Whey powder	3.0
葡萄糖 Glucose	2.0
食盐 NaCl	0.3
石粉 Limestone	1.0
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.2

chinaXiv:201711.01735v1

chinaXiv:201711.01735v1

酸化剂 Acidifier	0.4
预混料 Premix[1)]	2.0
总计 Total	100.0
营养水平 Nutrient levels[2)]	
消化能 DE/(MJ/kg)	14.06
粗蛋白质 CP	20.34
钙 Ca	0.88
总磷 TP	0.64
有效磷 AP	0.46
赖氨酸 Lys	1.22
蛋氨酸 Met	0.41
苏氨酸 Thr	0.81

[1)]预混料为每千克饲粮提供 Premix provided the following per kg of the diet：VA 5 175 IU，VD_3 1 150 IU，VE 11.5 IU，VK_3 1.15 mg，VB_1 0.575 mg，VB_2 3.45 mg，VB_6 0.23 mg，VB_{12} 14.5 ug，核黄素 riboflavin 3.45 mg，烟酸 nicotinic acid 11.5 mg，泛酸 pantothenic acid 5.75 mg，生物素 biotin 11.5 μg，Fe (as ferrous sulfate) 75 mg，Cu (as copper sulfate) 125 mg，Mn (as manganese sulfate) 20 mg，I (as potassium iodide) 0.5 mg，Se (as sodium selenite) 0.175 mg。

[2)]消化能为计算值，其余为实测值。DE was a calculated value, while the others were measured values.

1.4 饲养管理

试验在河北汉唐牧业有限公司内的同一栋封闭式猪舍内进行，试验仔猪采用分栏饲养，猪舍内温湿度适合；试验猪自由采食和饮水，常规的消毒免疫，试验由专人负责。参照本品种仔猪的饲养规程进行管理。

1.5 样品采集与处理

试验结束前 3 天，每个组随机取 8 头猪，颈静脉采血 20 mL，其中 10 mL 加入肝素抗凝管中做抗凝处理，另 10 mL 于普通离心管中，低温静止 30 min，3 000 r/min 离心 15 min，收集上清液即血清，－20 ℃保存待测。

1.6 测定指标及方法

血清抗体：采用猪的酶联免疫吸附试验（ELISA）试剂盒测定血清中免疫球蛋白 A(IgA)、免疫球蛋白 G(IgG)和免疫球蛋白 M(IgM)的含量以及猪瘟、伪狂犬、蓝耳抗体效价，所有指标检测严格按照试剂盒上的说明步骤进行。

细胞免疫：采用 ELISA 试剂盒按照说明书步骤测定血清中白细胞介素–6（IL-6）和肿瘤坏死因子–α（TNF-α）含量。

全血常规生理指标：采用迈瑞医疗国际有限公司 BC-2800Vet 全自动血液分析仪测定白细胞数、红细胞数、血红蛋白含量、血小板数等。

血清生化指标：采用荷兰威图 Microlab300 半自动生化分析仪，按照试剂盒（购自中生

北控生物科技股份有限公司）说明书测定谷草转氨酶（GOT）、谷丙转氨酶（GPT，丙氨酸底物法）、肌酸磷酸激酶（CPK）、碱性磷酸酶（APK）活性以及尿素氮（UN）、总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、葡萄糖(GLU)、总胆红素(TBIL)、肌酐(CREA)、总胆固醇(CHOL)和甘油三酯(TG)含量。用天门冬氨酸底物法测定血清谷草转氨酶（GOT）活性，用丙氨酸底物法测定血清 GPT 活性，用 NPP 底物–AMP 缓冲液法测定 APK 活性；用双缩脲法测定血清 TP 含量，用溴甲酚绿法测定血清 ALB 含量。

1.7　数据统计与分析

应用 SPSS 19.0 统计软件的 ANOVA 模型进行单因素方差分析，LSD 法进行多重比较，结果表示为平均值±标准差，以 P<0.05 作为差异显著，以 P<0.01 作为差异极显著。

2　结果与分析

2.1　饲粮中添加壳寡糖对断奶仔猪免疫力的影响

由表 2 可知，与对照组相比，试验 1 组、试验 2 组和试验 3 组血清 IgA 含量分别提高了 45.40%（P<0.05）、2.62%（P>0.05）和 137.26%（P<0.01）；试验 1 组和试验 2 组血清 IgG 含量分别较对照组提高了 4.47%和 10.92%（P>0.05），血清 IgM 含量分别比对照组提高了 9.29%和 5.69%（P>0.05）；与对照组相比，试验 1 组、试验 2 组和试验 3 组血清 TNF-α 含量分别提高了 51.76%（P<0.01）、29.42%（P>0.05）和 88.29%（P<0.01）；试验 2 组血清 IL-6 含量较对照组提高了 14.28%（P>0.05）。

与对照组相比，各试验组血清伪狂犬抗体效价均有不同程度提高，其中试验 3 组提高了 46.51%（P<0.05）；与对照组相比，试验 1 组、试验 2 组和试验 3 组猪瘟抗体效价均高于对照组，分别提高了 5.40%、5.40%和 18.92%（P>0.05）；试验 1 组、试验 2 组和试验 3 组蓝耳抗体效价与对照组相比分别提高了 17.65%（P>0.05）、29.41%（P>0.05）和 47.06%（P<0.05）

表 2　饲粮中添加壳寡糖对断奶仔猪免疫力的影响

Table 2　Effects of dietary chitosan oligosaccharide on immunity of weaned piglets

项目 Items	组别 Groups			
	对照组 Control group	试验 1 组 Experimental group 1	试验 2 组 Experimental group 2	试验 3 组 Experimental group 3
免疫球蛋白 A IgA/(μg/mL)	29.01±5.07^{Aa}	42.18±10.43^{Ab}	29.77±7.41^{Aa}	68.83±18.07^{Bc}
免疫球蛋白 G IgG/(μg/mL)	170.09±45.45	177.69±72.27	188.67±53.74	169.10±76.82
免疫球蛋白 M IgM/(μg/mL)	120.84±40.89	132.07±51.35	127.72±40.19	115.25±56.79
肿瘤坏死因子–α TNF-α/(ng/L)	108.81±40.13^{Aa}	165.13±51.44^{BCb}	140.82±27.94^{ABab}	204.88±41.26^{Cc}
白细胞介素–6 IL-6(ng/L)	22.40±6.37^{Bbc}	18.61±4.29^{ABb}	25.60±7.46^{Bc}	11.24±8.56^{Aa}
伪狂犬抗体 PRV-Ab	0.43±0.23^{a}	0.43±0.14^{a}	0.44±0.15^{a}	0.63±0.15^{b}
猪瘟抗体 CSF-Ab	0.37±0.11	0.39±0.07	0.39±0.06	0.44±0.07
蓝耳抗体 PRRS-Ab	0.17±0.06^{a}	0.20±0.06^{ab}	0.22±0.05^{ab}	0.25±0.05^{b}

chinaXiv:201711.01735v1

同行数据肩标无字母或相同小写字母表示差异不显著(P>0.05)，不同小写字母表示差异显著(P<0.05），不同大写字母表示差异极显著(P<0.01）。下表同。

In the same row, values with no letter or the same small letter superscripts mean no significant difference (P＞0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P＜0.05), and with different capital letter superscripts mean extremely significant difference (P<0.01). The same as below.

2.2　饲粮中添加壳寡糖对断奶仔猪血液指标的影响

由表 3 可知，饲粮中添加壳寡糖对断奶仔猪血液白细胞、红细胞、血小板数和血红蛋白含量没有显著影响（P>0.05），且试验组间无显著差异（P>0.05）；与对照组相比，试验 1 组、试验 2 组和试验 3 组血液白细胞数分别降低了 16.45%、16.71%和 16.29%，但各组间差异不显著(P>0.05)；与对照组相比，试验 2 组、试验 3 组血液红细胞数提高了 26.65%、1.74%，试验 1 组降低了 8.04%；试验组血液血小板数均不同程度高于对照组，但差异不显著(P>0.05)。

与对照组相比，试验 1 组、试验 2 组和试验 3 组血清 GOT 活性分别降低了 26.71%(P<0.01)、7.56%（P>0.05）和 16.64%（P<0.05），血清 GTP 活性分别降低了 47.26%（P<0.05）、47.28%（P<0.01）和 21.88（P>0.05），血清 APK 活性分别提高了 6.37%、16.78%和 1.24%（P>0.05）；试验 2 组和试验 3 组血清 CREA 含量分别 12.25%和 26.41%（P>0.05）；试验 1 组和试验 3 组血清 TG 含量分别提高了 25.84%和 5.62%（P>0.05）；与对照组相比，各试验组血清 TP、ALB 以及 GLB 含量均不同程度提高，但均差异不显著（P>0.05）。

表 3　饲粮中添加壳寡糖对断奶仔猪血液指标的影响

Table 3　Effects of dietary chitosan oligosaccharide on blood indices of weaned piglets

项目 Items	组别 Groups			
	对照组 Control group	试验 1 组 Experimental group 1	试验 2 组 Experimental group 2	试验 3 组 Experimental group 3
白细胞 WBC/（×10^9/L）	31.00±4.52	25.90±5.01	25.82±5.69	25.95±7.00
红细胞 RBC/（×10^{12}/g）	6.34±0.61	5.83±0.42	8.03±3.37	6.45±0.21
血红蛋白 HGB/(g/L)	110.66±3.78	102.00±9.53	114.75±16.54	103.00±9.89
血小板 PLT/（×10^9/L）	229.00±37.26	345.66±120.70	261.67±55.30	297.00±34.59
谷草转氨酶 GOT/(U/L)	92.71±13.23^{Bc}	67.95±13.12^{Aa}	85.70±14.73^{ABbc}	77.28±5.39^{ABab}
谷丙转氨酶 GPT/(U/L)	88.56±30.61^{Bb}	46.71±12.64^{ABa}	46.69±15.51^{Aa}	69.18±21.52^{ABab}
碱性磷酸酶 APK/(U/L)	461.13±96.11^{ab}	490.50±41.99^{ab}	538.52±57.92^{b}	455.40±34.85^{a}
总蛋白 TP(g/L)	58.50±5.97	62.00±11.37	62.25±4.66	64.20±5.22
白蛋白 ALB(g/L)	25.50±1.29	26.50±4.20	25.25±2.50	28.20±2.59
球蛋白 GLB(g/L)	33.00±5.47	35.50±8.96	37.00±6.48	38.25±6.39
甘油三酯 TG(mmol/L)	0.89±0.08^{ab}	1.12±0.34^{b}	0.83±0.10^{a}	0.94±0.15^{ab}
肌酐 CREA(μmol/L)	77.16±10.51	76.35±23.07	86.61±21.23	97.54±22.08

3　讨　论

3.1　饲粮中添加壳寡糖对断奶仔猪免疫力的影响

chinaXiv:201711.01735v1

chinaXiv:201711.01735v1

免疫球蛋白是一类重要的免疫效应分子，IgG 是血清中含量最高的免疫球蛋白，是体内最主要的免疫球蛋白，它的含量反映生物体的免疫状况；IgM 是分子量最大的免疫球蛋白，在机体的初次免疫应答中最早产生的免疫球蛋白；IL-6 和 TNF-α 是被激活的巨噬细胞分泌的 2 种重要的细胞因子，IL-6 可以促进淋巴细胞的增殖并参与 T 淋巴细胞、细胞毒 T 细胞(CTL)、自然杀伤(NK)细胞和淋巴因子激活的杀伤细胞(LAK)的活化。IL-6 和 TNF-α 在提高机体免疫力的同时，可促进炎症反应，是具有抗炎和促炎双重作用的细胞因子，血清中 IL-6 和白细胞介素–1β（IL-1β）含量是应激时炎症反应最具代表性的指示物[3]。

试验发现，寡糖的添加可以调节血清中的免疫球蛋白含量[4-5]。Huang 等[6]研究了壳寡糖对肉鸡的影响，发现壳寡糖组肉鸡血液中的免疫球蛋白数量显著增加，壳寡糖对提高肉鸡的免疫力有一定的作用。Tang 等[7]报道，饲粮中添加 250 mg/kg 壳寡糖，可提高血液中白细胞介素–1（IL-1）、白细胞介素–2（IL-2）和 IL-6 以及 IgA、IgM 和 IgG 含量。壳寡糖对仔猪血清免疫球蛋白也有影响，饲粮中添加 0.01%~0.05%的壳聚糖可提高血清免疫球蛋白含量，并与添加剂量有关系[8-9]，Yin 等[10]亦有类似报道。本试验结果显示，仔猪饲粮中添加壳寡糖显著提高了血清 IgA 和 TNF-α 含量，这与上述报道一致。而血清 IgG、IgM 以及 IL-6 的结果却与报道并不一致，可能是因为饲养环境不同、试验所选择动物种类不同以及壳寡糖的添加量不同而导致。

添加甘露聚糖酶可以提高机体的细胞免疫功能和体液免疫功能，当仔猪进行猪瘟、伪狂犬等免疫接种后，体内 B 淋巴细胞通过对抗原的识别、活化、增殖，最后分化成浆细胞并分泌抗体，产生的抗体进入血液。李学俭等[11]研究报道，甘露寡糖可以提高猪瘟抗体效价，这可能是由于寡糖可以竞争性吸附排除病原菌及特异性结合毒素，作为这些外源抗原的佐剂，减缓了抗原的吸收时间，从而增强了抗原的效价[12]。本试验中添加壳寡糖确实在不同程度上提高了断奶仔猪伪狂犬、猪瘟、蓝耳的抗体效价。

3.2 饲粮中添加壳寡糖对断奶仔猪全血生理指标的影响

本试验中，各壳寡糖添加组的白细胞数与对照组相比有降低的趋势，白细胞能直接参与细胞介导的免疫反应和吞噬作用[13]。Lin 等[14]在基础饲粮中添加 2 000mg/kg 壳寡糖，饲养锦鲤后研究发现，血清中的总白细胞数显著增加。苏鹏等[15]在红鳍东方红鳟饲粮中添加壳寡糖，结果显示对红鳍东方纯血清中白细胞数量无显著影响。本试验研究发现饲粮中添加壳寡糖对断奶仔猪中白细胞数有降低的趋势，但不显著。这与其他人的研究有一定的差异，具体原因还需进一步的研究证明。

3.3 饲粮中添加壳寡糖对断奶仔猪血清生化指标的影响

动物机体血清生化指标与机体代谢、营养状况和疾病有密切的关系，血清生化指标可在一定程度上反映动物机体在生理和病理上的变化[16]。霍圃宇等[17]试验中表明，饲料中添加壳

寡糖后大菱鲆幼鱼血液 GOT 和 GPT 活性没有显著变化，其中添加量为 2 00 mg/kg 壳寡糖组这 2 种酶活性明显低于对照组。刘含亮等[18]在研究中发现壳寡糖降低了虹鳟血清 GOT 和 GPT 活性，但差异不显著。GOT 和 GPT 主要存在心肌细胞和肝细胞中，只有当这些细胞受损时，才有可使血清中这 2 种酶含量升高，试验证实，添加适量的壳寡糖对仔猪肝脏、心肌有一定的保护作用[19-20]。本试验中，GOT 和 GPT 活性降低，与报道一致，说明壳寡糖对肝功能的调节有一定的作用。

血清 TP 含量也可以反映机体的营养和免疫状况[21]，其含量升高是蛋白质代谢旺盛的体现，有利于机体对蛋白质的吸收和利用，从而降低饲料消耗[22]。孙立威等[23]研究表明，饲粮中添加适量的壳寡糖可以显著降低吉富罗非鱼幼鱼血清中总胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇含量。Tang 等[7]研究了壳寡糖对猪仔的影响，发现饲粮中添加寡糖可以降低血清总胆固醇和 TG 含量，减少断奶时血清中抗体水平的负面影响。Li 等[24]研究了壳寡糖对鸭的影响，发现作为膳食补充剂，壳寡糖有降低肉鸡血脂的作用，能降低肉鸡血清 TG 和总胆固醇含量。而血脂保持在较低水平时有助于防治高血脂疾病的发生，在一定程度上提高了机体的免疫力。本试验中，不同添加量壳寡糖能够提高血清 TP 含量，说明壳寡糖对断奶仔猪的蛋白质沉积和合成具有一定的促进作用。且本试验前期试验表明，试验 2 组和试验 3 组与对照组相比，生长速度分别显著提高了 7.93%和 14.02%，料重比显著降低了 11.02%和 12.27%[25]，更加验证了一致性。

血清中的 APK 与脂肪糖类和蛋白质的吸收与运输密切相关[22,26]。李振达等[27]研究发现，添加壳寡糖对三疣梭子蟹 APK 活性无显著影响。本试验结果显示，不同壳寡糖添加量对仔猪血清 APK 活性影响不显著，这与上述研究结果一致。

4 结 论

① 壳寡糖可以显著降低断奶仔猪血清 GOT 和 GPT 活性，提高血清 TP 含量。

② 壳寡糖可以提高断奶仔猪体液免疫和细胞免疫能力。饲粮中添加 50 和 150 g/t 壳寡糖可以显著提高断奶仔猪血清 IgA 含量，显著提高断奶仔猪血清 TNF-α 含量。

③ 壳寡糖可以显著提高仔猪血清抗体效价，改善机体健康水平。饲粮中添加 150 g/t 壳寡糖可以显著提高断奶仔猪血清伪狂犬抗体效价和蓝耳抗体效价。

参考文献：

[1] 王秀武,杜昱光,白雪芳,等.壳寡糖对肉仔鸡肠道主要菌群、小肠微绒毛密度、免疫功能及生产性能的影响[J].动物营养学报,2003,15(4):32–35.

[2] 王秀武,张丽,杜昱光.海洋寡聚糖对仔猪生产性能及血液理化指标的影响[J].天然产物研究与开发,2005,17(6):794–796.

[3] STEPTOE A,HAMER M,CHIDA Y.The effects of acute psychological stress on circulating inflammatory factors in human:a review and meta-analysis [J].Brain,Behavior,and

chinaXiv:201711.01735v1

Immunity,2007,21(7):901–912.

[4] 段绪东.饲粮添加甘露寡糖对母猪繁殖性能、免疫功能及后代生长、免疫和肠道微生物的影响[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2013.

[5] WEN Z S, XU Y L,ZOUX T,et al.Chitosan nanoparticles act as an adjuvant to promote both Th1 and Th2 immune responses induced by ovalbumin in mice[J].Marine Drugs,2011,9(12):1038–1055.

[6] HUANG R L,DENG Z Y,YANG C B,et al.Dietary oligochitosan supplementation enhances immune status of broilers[J].Journal of the Science of Food and Agriculture,2007,87(1):153–159.

[7] TANG Z R,YIN Y L,NYACHOTI C M,et al.Effects of dietary supplementation of chitosan and galacto-mannan oligosaccharide on serum parameters and the insulin-like growth factort-Ⅰ mRNA expression in early-weaned piglets[J].Domestic Animal Endocrinology,2005,28(4):430–441.

[8] 宋小珍,瞿明仁,文虹,等.果寡糖和甘露寡糖联用对仔猪生产性能及血液 IgG 水平影响的研究[J].饲料工业,2005,26(24):37–39.

[9] 张彩芬.壳聚糖对仔猪生长性能及免疫机能的影响[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2008.

[10] YIN Y L,ZHANG Z R,SUN Z H,et al.Effect of Galacto mannan oligosaccharides or chitosan supplementation on cytoimmunity and humoral immunity in early-weaned piglets[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2008,21(5):723–731.

[11] 李学俭,边连全.β–甘露聚糖酶对断乳仔猪猪瘟抗体效价的影响[J].安徽农业科学2008,36(4):1499,1500.

[12] 毛胜勇.甘露寡聚糖在动物生产中的应用研究[J].饲料研究,2000(9):10–13.

[13] ROMBOUT J H W M,HUTTENHUIS H B T,PICCHIETTI S,et al.Phylogeny and ontogeny of fish leucocytes[J].Fish & Shellfish Immunology,2005,19(5):441–455.

[14] LIN S M,MAO S H,GUAN Y,et al.Effects of dietary chitosan oligosaccharides and *Bacillus coagulans* on the growth,innate immunity and resistance of koi (*Cyprinus carpio koi*)[J].Aquaculture,2012,342–343:36–41.

[15] 苏鹏,潘金露,韩雨哲,等.壳寡糖对红鳍东方鲀血液指标和非特异性免疫指标的影响[J].大连海洋大学学报,2016,31(1):37–43.

[16] 汪文选,陈深,卢彤岩,等.恩诺沙星对鲫鱼血液生理生化指标的影响[J].水产学杂志,2009,22(4):20–22.

[17] 霍圃宇,潘金露,韩雨哲,等.褐藻酸寡糖对大菱鲆幼鱼生长性能、血液学指标及非特异性免疫影响[J].广东海洋大学学报,2015,35(4):10–16.

[18] 刘含亮,孙敏敏,王红卫,等.壳寡糖对虹鳟生长性能、血清生化指标及非特异性免疫功能

chinaXiv:201711.01735v1

ChinaXiv合作期刊

的影响[J].动物营养学报,2012,24(3):479–486.
[19] 罗佳捷,张彬,王洁.功能性寡糖在动物生产中的应用研究进展[J].广州畜牧兽医科技,2011,(36(2):6–8.
[20] 肖定福,唐志如,印遇龙,等.壳聚糖对大肠杆菌攻毒仔猪生长性能和免疫力的影响[J].动物营养学报,2011,23(10):1783–1789.
[21] 杨海英,杨在宾,杨维仁,等.益生素和低聚木糖对断奶仔猪生产性能、消化酶活性、血液指标和肠道微生物的影响[J].中国兽医学报,2009,29(7):914–919.
[22] 李晓丽,董淑丽,何万领,等.果寡糖对不同生长阶段固始鸡血液生化指标的影响[J].中国粮油学报,2010,25(4):43–55.
[23] 孙立威,文华,蒋明,等.壳寡糖对吉富罗非鱼幼鱼生长性能、非特异性免疫及血液学指标的影响[J].广东海洋大学学报,2011,31(3):43–49.
[24] LI X J,PIAO X S,KIM S W,et al.Effects of chitooligosaccharide supplementation on performance,nutrient digestibility,and serum composition in broiler chickens[J].Poultry Science,2007,86(6):1107–1114.
[25] 党国旗,杨新宇,林贝贝,等.壳寡糖对仔猪生长性能、营养物质利用率及健康的影响[J].饲料研究,2017(8):1–4.
[26] 杨丽娥,张占芳,程美蓉,等.Y－球蛋白制剂对 AA 肉用仔鸡的生长和血清碱性磷酸酶(ALP)活性的影响[J].上海农学院学报,1993,11(3):232–236.
[27] 李振达,陈小娥,廖智,等.壳寡糖对三疣梭子蟹免疫力的影响[J].浙江海洋学院学报:自然科学版,2011,30(1):27–32.

Effects of Chitosan Oligosaccharide on Immunity and Relative Physiological and Biochemical Indices of Weaned Piglets

DANG Guoqi YANG Xinyu XU Qing CUI Jia CHEN Baojiang*
（*College of Animal Science and Technology, Hebei Agriculture University, Baoding* 071000, *China*）

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of chitosan oligosaccharide (COS) on the immunity and relative physiological and biochemical indices of weaned piglets. A total of 256 Duroc×Landrace×Yorkshire piglets weaned at 21 days of age were randomly divided into 4 groups with 4 replicates each and 16 piglets per replicate. Piglets in the control group were fed a basal diet, and piglets in the experimental groups were fed the basal diets supplemented with 50, 100 and 150 g/t COS, respectively. The trial lasted for 28 days after 7 days pre-experiment. The results showed as follows: 1) compare with the control group, the glutamic oxalacetic transaminase activities of pigs in experimental groups 1, 2 and 3 were decreased by 26.71% （P<0.01）, 7.56% （P>0.05） and 16.64%（P<0.05）, the serum glutamic-pyruvic transaminase activities of pigs in experimental

chinaXiv:201711.01735v1

ChinaXiv合作期刊

groups were decreased by 47.26%（$P<0.05$）, 47.28%（$P<0.01$） and 21.88（$P>0.05$）, and serum alkaline phosphatase activities of pigs in experimental groups were increased by 6.37%, 16.78% and 1.24% ($P>0.05$), respectively. The serum total protein content of pigs in experimental groups was higher than that in the control group ($P>0.05$). 2) Compare with the control group, the serum immunoglobulin A content of pigs in experimental groups 1, 2 and 3 was increased by 45.40%（$P<0.05$）, 2.62% （$P>0.05$） and 137.26% （$P<0.01$）; the serum immunoglobulin G content of pigs in experimental groups 1 and 2 was increased by 4.47% and 10.92% ($P>0.05$), and the serum immunoglobulin M content of pigs in experimental groups 1 and 2 was increased by 9.29% and 5.69% ($P>0.05$). Compare with the control group, the serum tumor necrosis factor-α content of pigs in experimental groups 1, 2 and 3 was increased by 51.76% （$P<0.01$）, 29.42% （$P>0.05$） and 88.29% （$P<0.01$）, respectively. 3) Compare with the control group, the serum antibody titers of pseudorabies virus, classical swine fever and porcine reproductive and respiratory syndrome of pigs in experimental groups were increased in different degrees, and the serum antibody titers of pseudorabies virus and porcine reproductive and respiratory syndrome of pigs in experimental group 3 were significantly higher than those in the control group ($P<0.05$). In conclusion, dietary chitosan oligosaccharide in optimum dose can increase the ability of humoral immunity and cellular immunity as well as the serum antibody titer of weaned piglets, thus alleviates the stress caused by weaning.

Key words: chitosan oligosaccharide; weaned piglets; physiological and biochemical indices; immunity

chinaXiv:201711.01735v1

---

*Corresponding author, professor, E-mail: chenbaojiang@vip.sina.com (责任编辑　田艳明)